

PAT-NO: JP406175101A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 06175101 A

TITLE: DRIVING METHOD FOR FERROELECTRIC LIQUID CRYSTAL
DISPLAY
ELEMENT

PUBN-DATE: June 24, 1994

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

TANAKA, TOMIO

SAKAMOTO, KATSUTO

INT-CL (IPC): G02F001/133, G02F001/133

US-CL-CURRENT: 345/92

ABSTRACT:

PURPOSE: To clarify the display of gradation by applying an initialization voltage orienting a liquid crystal to either a first stable state or a second stable state in every selection period and thereafter applying a writing voltage.

CONSTITUTION: When a ferroelectric liquid crystal display element is driven by using a gate signal and a data signal, the voltage-VD of a compensating pulse P11 (write compensation voltage), the voltage VR of a first resetting pulse P12 (a first resetting voltage) for orienting a liquid crystal to a first stable state, the voltage-VR of a second resetting pulse P13 (a second resetting voltage) for orienting the liquid crystal to a second stable state and the voltage VD of a writing pulse P14 (writing voltage) are successively applied on a pixel electrode through an active element(TFT) in every selection period TS. Namely, initialization voltages VR,-VR for orienting the liquid crystal to either the first or the second stable state and thereafter the writing voltage VD in accordance with displayed data are applied in every selection period TS.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-175101

(43)公開日 平成6年(1994)6月24日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 2 F 1/133

識別記号

5 5 0

5 6 0

庁内整理番号

9226-2K

9226-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1(全 13 頁)

(21)出願番号

特願平4-327002

(22)出願日

平成4年(1992)12月7日

(71)出願人 000001443

カシオ計算機株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目6番1号

(72)発明者 田中 富雄

東京都八王子市石川町2951番地の5 カシ
オ計算機株式会社八王子研究所内

(72)発明者 坂本 克仁

東京都八王子市石川町2951番地の5 カシ
オ計算機株式会社八王子研究所内

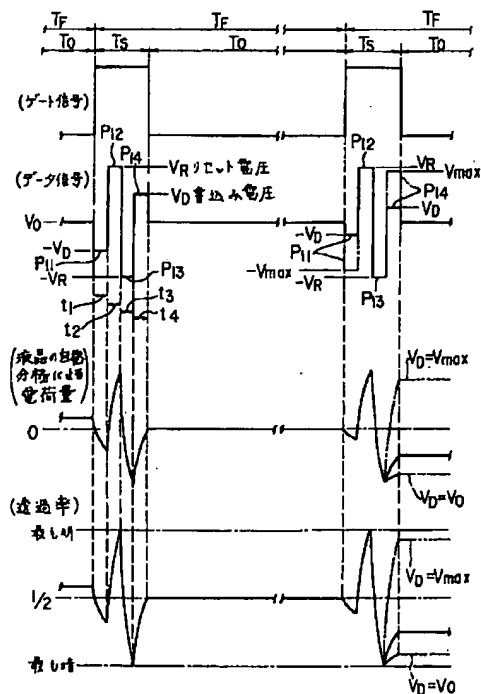
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 強誘電性液晶表示素子の駆動方法

(57)【要約】

【目的】基板間隔より小さい螺旋ピッチをもちかつ双安定性を有する強誘電性液晶(SBF液晶)を用いたアクティブマトリックス方式の強誘電性液晶表示素子に、明確な階調表示を行なわせる。

【構成】選択期間TSごとに、液晶を第1の安定状態に配向させる第1リセット電圧VRと第2の安定状態に配向させる第1リセット電圧-VRとを同回数ずつ交互に同じ順序で印加し、その後書き込み電圧VDを印加する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】基板間隔より小さい螺旋ピッチをもちかつ双安定性を有する強誘電性液晶を用いたアクティブマトリックス方式の強誘電性液晶表示素子の駆動方法であって、選択期間ごとに、前記液晶を第1の安定状態に配向させる電圧と第2の安定状態に配向させる電圧とを同回数ずつ交互に同じ順序で印加し、その後書込み電圧を印加することを特徴とする強誘電性液晶表示素子の駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は強誘電性液晶表示素子の駆動方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】強誘電性液晶を用いる強誘電性液晶表示素子は、ネマティック液晶を用いるTNモードの液晶表示素子と比較して、高速応答、広視野角が得られるなどの点で注目されている。

【0003】この強誘電性液晶表示素子の実用化に関する研究は、従来、SS-F液晶と呼ばれる、カイラルスメクティック相の螺旋ピッチが表示素子の基板間隔（セルギャップ）より大きくかつ双安定性を有する強誘電性液晶を対象として行なわれていた。

【0004】上記SS-F液晶を用いる強誘電性液晶表示素子は、SS-F液晶をその螺旋構造を消失させた状態で基板間に封入したもので、印加電圧に対する液晶の自発分極により、一方の極性の電圧を印加したときの第1の安定状態と他方の極性の電圧を印加したときの第2の安定状態との2つの配向状態を得、この液晶の配向状態と、素子の入射側と出射側とに配置した一対の偏光板とにより光の透過率を制御して表示する。

【0005】しかし、上記SS-F液晶を用いる強誘電性液晶表示素子は、液晶の配向状態が2つの安定状態だけであり、電圧無印加状態でもいずれかの安定状態が保持されるため、透過率を変化させて階調のある表示を行なわせることは難しいとされている。

【0006】そこで最近では、階調表示の可能な強誘電性液晶表示素子の開発が研究されており、その一手段として、カイラルスメクティック相の螺旋ピッチが表示素子の基板間隔より小さくかつ双安定性を有する強誘電性液晶を用いることが提案されている。なお、この強誘電性液晶は、上記SS-F液晶と区別して、SBF液晶と呼ばれている。

【0007】このSBF液晶を用いる強誘電性液晶表示素子は、前記SBF液晶が螺旋構造をもった状態で基板間に封入されており、印加電圧の極性と電圧値とに応じて、液晶が2つの安定状態にもまた両方の安定状態が混在した状態にも配向するため、表示素子をTFTまたはMIM等の非線形素子をアクティブ素子とするアクティブマトリックス方式とし、非選択期間中も2つの安定状

態が混在した液晶の配向状態を維持する電圧を保持しておくようにすれば、階調表示が可能であるといわれている。

【0008】この強誘電性液晶表示素子に階調表示を行なわせる駆動方法としては、従来、選択期間ごとに、液晶を第1の安定状態と第2の安定状態とのいずれかに配向させる電圧を印加し、その後に書込み電圧を印加する方法が考えられている。

【0009】

10 【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の駆動方法では、書込み電圧の値と透過率とが対応せず、したがって階調の制御がほとんど不可能で、実用レベルでの階調表示を実現することはできなかった。

【0010】本発明は、基板間隔より小さい螺旋ピッチをもちかつ双安定性を有する強誘電性液晶（SBF液晶）を用いたアクティブマトリックス方式の強誘電性液晶表示素子に、明確な階調表示を行なわせることができる駆動方法を提供することを目的としたものである。

【0011】

20 【課題を解決するための手段】本発明の駆動方法は、選択期間ごとに、液晶を第1の安定状態に配向させる電圧と第2の安定状態に配向させる電圧とを同回数ずつ交互に同じ順序で印加し、その後書込み電圧を印加することを特徴とするものである。

【0012】

30 【作用】この駆動方法では、選択期間ごとに、液晶を第1の安定状態に配向させる電圧と第2の安定状態に配向させる電圧とを同じ順序で印加しているため、書込み電圧を印加する直前の液晶の配向状態はどの選択期間においても同じであり、したがって書込み電圧の値と透過率とが対応するから、書込み電圧により透過率を制御して、実用レベルでの明確な階調表示を実現することができる。

【0013】また、この駆動方法では、選択期間ごとに、液晶を第1の安定状態に配向させる電圧と第2の安定状態に配向させる電圧とを同回数ずつ交互に印加しているため、対向する電極間の電荷の片寄りがなく、したがって表示の焼き付き現象や液晶の劣化を生じることもない。

【0014】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図面を参照して説明する。

【0015】まず、本発明の駆動方法によって表示駆動される強誘電性液晶表示素子の構成を説明する。図3は強誘電性液晶表示素子の断面図、図4は前記液晶表示素子の画素電極とアクティブ素子を形成した基板の等価回路的平面図である。

【0016】この強誘電性液晶表示素子は、アクティブマトリックス方式のものであり、その一対の透明基板（例えばガラス基板）1、2のうち、図3において下側

の基板（以下、下基板という）1には、透明な画素電極3とこの画素電極3に接続されたアクティブ素子4とが縦横に配列形成されている。

【0017】なお、上記アクティブ素子4は、例えばTFT（薄膜トランジスタ）であり、このTFT4は、その構造は図示しないが、基板1上に形成されたゲート電極と、このゲート電極を覆うゲート絶縁膜と、このゲート絶縁膜の上に形成された半導体層と、この半導体層の上に形成されたソース電極およびドレイン電極とからなっている。

【0018】また、上記下基板1には、図4に示すように、各画素電極3の行間に対応させてゲートライン5が配線されるとともに、各画素電極3の列間に対応させてデータライン6が配線されており、前記TFT4のゲート電極はゲートライン5につながり、ドレイン電極はデータライン6につながっている。図4において、5aはゲートライン5の端子部、6aはデータライン6の端子部である。

【0019】なお、上記ゲートライン5は、その端子部5aを除いてTFT4のゲート絶縁膜（透明膜）で覆われており、データライン6は前記ゲート絶縁膜の上に形成されている。また、画素電極3は前記ゲート絶縁膜の上に形成されており、その一端部においてTFT4のソース電極に接続されている。

【0020】一方、図3において上側の基板（以下、上基板という）2には、上記下基板1の各画素電極3と対向する透明な対向電極7が形成されている。この対向電極7は、表示領域全体にわたる面積の1枚電極とされている。

【0021】また、上記下基板1と上基板2の電極形成面の上にはそれぞれ配向膜8、9が設けられている。これら配向膜8、9はいずれも、ポリイミド等の有機高分子化合物からなる水平配向膜であり、その膜面にはラビングによる配向処理が施されている。

【0022】そして、上記下基板1と上基板2とは、その外周縁部において枠状のシール材10を介して接着されており、この両基板1、2間のシール材10で囲まれた領域には、カイラルスメクティック相の螺旋ピッチが両基板1、2の間隔より小さく、かつ双安定性を有する強誘電性液晶（以下、SBF液晶という）11が封入されている。なお、図3において、12は両基板1、2の間隔を規制する透明なギャップ材であり、このギャップ材12は液晶封入領域内に点状状態で配置されている。

【0023】上記SBF液晶11は、その螺旋ピッチが基板間隔より小さいため、螺旋構造をもった状態で基板1、2間に封入されており、画素電極3と対向電極7との間に印加される電圧の極性と電圧値とに応じて、2つの安定状態にもまた両方の安定状態が混在した状態にも配向する。

【0024】さらに、液晶表示素子の下面側と上面側に

は一对の偏光板13、14が配置されており、この偏光板13、14の透過軸の方向は、上記SBF液晶11の2つの安定状態に応じて設定されている。

【0025】すなわち、図5は、SBF液晶11の2つの安定状態と、上記一对の偏光板13、14の透過軸の方向とを示しており、(a)は図3において上側の偏光板（以下、上偏光板という）14の透過軸14aを示し、(b)はSBF液晶11の2つの安定状態11a、11bを示し、(c)は図3において下側の偏光板（以下、下偏光板という）13の透過軸13aを示している。

【0026】この図5に示すように、上記SBF液晶11は、一方の極性でかつ液晶11のしきい値電圧以上の電圧を印加したときに実線で示す第1の安定状態11aに配向し、他方の極性でかつ液晶11のしきい値電圧以上の電圧を印加したときに破線で示す第2の安定状態11bに配向する。なお、この第1の安定状態11aと第2の安定状態11bとのずれ角 θ は、SBF液晶11の種類や配向膜8、9の表面エネルギー等によって異なるが、このずれ角 θ は約45°に選ぶのが望ましい。

【0027】そして、上記一对の偏光板13、14のうち、一方の偏光板、例えば上偏光板14の透過軸14aは、上記SBF液晶11の2つの安定状態11a、11bのうち一方、例えば第2の安定状態11bとはほぼ平行になっており、他方の下偏光板13の透過軸13aは、前記上偏光板14の透過軸14aとはほぼ直交している。

【0028】この図5のように偏光板13、14の透過軸方向を設定した強誘電性液晶表示素子は、液晶11を第1の安定状態11aに配向させたときに透過率が最も高く（表示が最も明るく）なり、液晶11を第2の安定状態11bに配向させたときに透過率が最も低く（表示が最も暗く）なる。

【0029】すなわち、液晶11が第1の安定状態11aに配向した状態では、一方の偏光板を通った直線偏光が液晶11による偏光作用を受けて非直線偏光になり、そのうちのある偏光成分の光が他方の偏光板を透過して出射する。また、液晶11が第2の安定状態11bに配向した状態では、一方の偏光板を通った直線偏光が液晶11による偏光作用をほとんど受けずに直線偏光のまま液晶層を透過し、その光のほとんどが他方の偏光板で吸収される。

【0030】また、上記SBF液晶11は、上記2つの安定状態11a、11bだけでなく、印加電圧の極性と電圧値（絶対値）に応じて前記2つの安定状態11a、11bが混在した状態にも配向する。

【0031】図6は上記強誘電性液晶表示素子の一般的な電圧-透過率特性（印加電圧に対する光透過率の変化特性）を示しており、この強誘電性液晶表示素子の光透過率は、印加電圧に応じて図のように変化する。

【0032】そして、この強誘電性液晶表示素子は、アクティブマトリックス方式のものであるため、非選択期間中も上記2つの安定状態11a, 11bが混在した液晶11の配向状態を維持する電圧を保持しておくことができる。このため、SBF液晶を用いる強誘電性液晶表示素子は、透過率を変化させて階調のある表示を行なわせることが可能であるといわれている。

【0033】しかし、発明者が上記強誘電性液晶表示素子の駆動試験を行なったところ、従来考えられている駆動方法では、階調の制御がほとんど不可能であった。なお、従来の駆動方法は、[従来の技術]の項で述べたように、選択期間ごとに、液晶を第1の安定状態と第2の安定状態とのいずれかに配向させる電圧を印加し、その後書き込み電圧を印加する方法であるが、発明者が行なった駆動試験では、液晶11を第1または第2の安定状態に配向させる電圧と、それより絶対値が小さい書き込み電圧とを交互に印加して、透過率の変化を調べた。

【0034】図7は、上記駆動試験において液晶表示素子のゲートライン5とデータライン6に印加したゲート信号とデータ信号の波形図であり、データ信号は、液晶11を第1の安定状態に配向させる電圧値のリセットパルスP1と、任意の電圧値の書き込みパルスP2と、液晶11を第2の安定状態に配向させる電圧値のリセットパルスP3と、前記書き込みパルスP2とは異なる任意の電圧値の書き込みパルスP4とが交互に繰返す波形の信号である。なお、この駆動試験では、データ信号の基準電圧(対向電極7に印加する電圧と同じ電圧)を0Vとした。

【0035】上記リセットパルスP1, P3は、液晶表示素子特有の履歴効果、すなわち、書き込みパルスを印加したときの液晶の配向状態の変化に対する、その前に印加した書き込みパルスによる液晶の配向状態(以下、前状態という)の影響をリセットするためのパルスであり、このリセットパルスP1, P3を印加すると、次に書き込みパルスを印加するときの前状態が決まる。

【0036】また、上記リセットパルスP1, P3をいずれも同じ極性のパルスとすると、液晶11に許容値以上の直流成分がかかって電荷の片寄りが生じ、表示の焼き付き現象や液晶の劣化を生ずるため、P1のリセットパルスとP3のリセットパルスとは逆極性のパルスとした。これは従来の駆動方法でも同様であり、従来も、液晶を第1または第2の安定状態に配向させる電圧の極性を、選択期間ごとに交互に逆にしていく。

【0037】図8および図9は、上記のような波形のゲート信号とデータ信号とを用いて上記強誘電性液晶表示素子を駆動し、上記各パルスP1, P2, P3, P4を印加した後の液晶11の自発分極の平均的な電荷量(液晶11の平均的な配向状態に相当する)と透過率とを調べた結果を示しており、図8はP2の書き込みパルスとP4の書き込みパルスの電圧値をそれぞれ0Vとしたときの

自発分極の平均的な電荷量(以下、平均電荷量という)と透過率、図9はP2の書き込みパルスの電圧値を3.3V、P4の書き込みパルスの電圧値を-3.3Vとしたときの自発分極の平均的な電荷量と透過率を示している。なお、いずれの場合も、リセットパルスP1, P3の電圧値は、P1=7.5V、P3=-7.5Vとした。

【0038】この図8および図9から分かるように、上記駆動試験では、書き込みパルスP2, P4の電圧値と透過率とが対応せず、したがって階調の制御がほとんど不可能であった。

【0039】すなわち、書き込みパルスP2, P4として同じ電位のパルスを印加したときの透過率が同じであれば、再現性のある階調表示が可能であるが、上記駆動試験では、図8のように、書き込みパルスP2, P4の電位が同じ(ここではP2=P4=0V)でも透過率は全く異なり、階調の再現性が全くなかった。

【0040】また、上記駆動試験では、図9に示すように、書き込みパルスP2, P4として異なる電圧値(ここではP2=3.3V、P4=-3.3V)のパルスを印加しても、明確な透過率差は得られなかった。

【0041】これは、SBF液晶を用いる強誘電性液晶表示素子の電圧-透過率特性に図6に示したようなヒステリシスがあるためである。すなわち、P2の書き込みパルスの印加時における前状態は第1の配向状態(実際には、画素電極3と対向電極7とその間の液晶11とで形成される容量の保持電圧に対応した、第1の配向状態に近い配向状態)であり、P4の書き込みパルスの印加時における前状態は第2の配向状態(第2の配向状態に近い配向状態)であるため、この前状態の違いにより、書き込みパルスP2, P4の電圧値と液晶11の配向状態、つまり透過率とが対応しなくなる。

【0042】そこで、本発明では、書き込み電圧の値に対応した透過率が得られるようにするため、選択期間ごとに、液晶を第1の安定状態に配向させる電圧と第2の安定状態に配向させる電圧とを同回数ずつ交互に同じ順序で印加し、その後書き込み電圧を印加する駆動方法を採用した。

【0043】この駆動方法の一実施例を説明すると、図1は、上記強誘電性液晶表示素子の第1行のTF T4につながるゲートライン5とデータライン6に印加するゲート信号とデータ信号の波形と、液晶11の自発分極の平均電荷量と、透過率とを示している。

【0044】図1において、TFは1フレーム期間、TSは上記第1行のTF T4の選択期間、T0は非選択期間であり、この実施例では、各選択期間TSをそれぞれ4つのスロットt1, t2, t3, t4に等分し、その最終スロットt4を書き込みパルスP14の印加期間とし、最初のスロットt1を前記書き込みパルスP14に対する補償パルスP11の印加期間とした。

【0045】また、他のスロットt2, t3はそれぞれ

れ、液晶11を第1の安定状態に配向させるためのリセットパルス（以下、第1リセットパルスという）P12と、液晶11を第2の安定状態に配向させるためのリセットパルス（以下、第2リセットパルスという）P13の印加期間とした。なお、上記各パルスP11、P12、P13、P14の印加期間（1スロット時間）は、いずれも約45μ秒である。

【0046】上記補償パルスP11は、書込みパルスP14の印加により液晶11に直流成分の電圧が片寄ってかかるのを補償するための逆極性のパルスであり、この補償パルスP11の電圧 $-VD$ の絶対値は、書込みパルスP14の電圧 VD と同じである。なお、書込みパルスP14の電圧 VD は書込みデータに応じて種々の値に制御され、これに対応して補償パルスP11の電圧 $-VD$ も制御される。

【0047】上記第2リセットパルスP13は、液晶表示素子の履歴効果のリセットするためのパルスであり、このリセットパルスP13の電圧値 VR は、液晶11のしきい値電圧より十分大きい値である。また、上記第1リセットパルスP12は、第2リセットパルスP13の印加により液晶11に直流成分の電圧が片寄ってかかるのを補償するための逆極性のパルスであり、この第1リセットパルスP12の電圧 $-VR$ の絶対値は第2リセットパルスP13の電圧 VR と同じである。

【0048】なお、これら各パルスP11、P12、P13、P14の極性および電圧値は、いずれも、データ信号の基準電圧 $V0$ に対する極性と電圧である。この基準電圧 $V0$ は、対向電極7に印加する電圧と同じである。

【0049】そして、この駆動方法では、書込み電圧 VD の最小値を $V0$ とし、最大値 V_{max} を上記第2リセットパルスP13のリセット電圧 VR より若干低い値として、この $V0 \sim V_{max}$ の範囲で書込み電圧 VD を制御する。

【0050】上記のような波形のゲート信号とデータ信号とを用いて上記強誘電性液晶表示素子を駆動すると、選択期間 TS ごとに、上記補償パルスP11の電圧（以下、書込み補償電圧という） $-VD$ と、液晶11を第1の安定状態に配向させる第1リセットパルスP12の電圧（以下、第1リセット電圧という） VR と、液晶11を第2の安定状態に配向させる第2リセットパルスP13の電圧（以下、第2リセット電圧という） $-VR$ と、書込みパルスP14の電圧（以下、書込み電圧という） VD とが順次TFT4を介して画素電極3に印加され、これにともなって、液晶11の自発分極の平均電荷量と透過率が、それぞれ図1に示したように変化する。

【0051】また、選択期間 TS が経過して非選択期間 $T0$ になると、TFT4がOFF状態になり、選択期間 TS の最終スロット $t4$ に印加された書込み電圧 VD に応じた電圧が画素電極3と対向電極7とその間の液晶11とで形成される容量に保持され、非選択期間 $T0$ 中、

液晶11の自発分極の平均電荷量と透過率が、前記容量の保持電圧に対応する値、つまり、選択期間 TS に印加された書込み電圧 VD に応じた値に保たれる。

【0052】そして、この駆動方法では、選択期間 TS ごとに、液晶11を第1の安定状態に配向させる第1リセット電圧 VR と、液晶11を第2の安定状態に配向させる第2リセット電圧 $-VR$ とを同じ順序で印加しているため、書込み電圧 VD を印加する直前の液晶11の配向状態はどの選択期間 TS においても同じ（この実施例では第2の安定状態）であり、したがって書込み電圧 VD の値と透過率とが対応するから、書込み電圧 VD により透過率を制御して、実用レベルでの明確な階調表示を実現することができる。

【0053】すなわち、図1に示すように、例えば液晶11がある配向状態（前に印加された書込み電圧に応じた配向状態）にあるとし、次の選択期間 TS に印加する書込み電圧 VD がリセット電圧 VR の $1/2$ の電圧であるとする、この書込み電圧 VD （ $VD = VR / 2$ ）を印加した後の非選択期間 $T0$ における液晶11の自発分極の平均電荷量がほぼ0になる。このときの液晶11の配向状態は、第1の安定状態と第2の安定状態とがほぼ同じ割合で混在している状態であり、したがって、透過率は、液晶11が第1の安定状態に配向したときの最も高い透過率と液晶11が第2の安定状態に配向したときの最も低い透過率とのほぼ中間の値になる。

【0054】また、図1に示すように、上記選択期間 TS の次の選択期間 TS に印加する書込み電圧 VD がリセット電圧 VR の $1/4$ の電圧であるとする、この書込み電圧 VD （ $VD = VR / 4$ ）を印加した後の非選択期間 $T0$ における液晶11の自発分極の平均電荷量が、上記ほぼ0の電荷量よりも負の電荷成分が多くなった値になる。このときの液晶11の配向状態は、第1の安定状態と第2の安定状態とが、第2の安定状態の方が割合で混在している状態であり、したがって、透過率は、液晶11が第2の安定状態に配向したときの最も低い透過率と上記中間の透過率との間の値になる。

【0055】これは、他の電圧の書込み電圧 VD を印加したときも同様であり、例えば書込み電圧 VD として最小値の電圧 $V0$ を印加したときは、図1に二点鎖線で示したように、液晶11の自発分極の平均電荷量が、その制御範囲のうちの最も負の電荷成分が最も多くなった値、つまり、液晶11が第2の安定状態に配向したときの電荷量に近い値になり、透過率が、その制御範囲のうちの最も低い値になる。

【0056】また、書込み電圧 VD として最大値の電圧 V_{max} を印加したときは、図1に三点鎖線で示したように、液晶11の自発分極の平均電荷量が、その制御範囲のうちの最も正の電荷成分が最も多くなった値、つまり、液晶11が第1の安定状態に配向したときの電荷量に近い値になり、透過率が、その制御範囲のうちの最も

高い値になる。

【0057】このように、上記駆動方法によれば、書込み電圧VDの値に対応した透過率が得られるから、書込み電圧VDにより透過率を制御して、実用レベルでの明確な階調表示を実現することができる。

【0058】これは、書込み電圧VDを印加する直前の液晶11の配向状態が、どの選択期間TSにおいても同じ（この実施例では第2の安定状態）であるためであり、書込み電圧VDを印加する前の液晶11の配向状態が常に同じであれば、SBF液晶を用いる強誘電性液晶表示素子もっている電圧-透過率特性のヒステリシスが動作上で現われなくなるため、書込み電圧VDの値に対応した透過率が得られる。

【0059】すなわち、図2は、上記強誘電性液晶表示素子を上記実施例の駆動方法で駆動したときの電圧-透過率特性図であり、この図のように、強誘電性液晶表示素子の電圧-透過率特性は、ヒステリシスのない特性となっている。

【0060】なお、図2に示した電圧-透過率特性は、データ信号の基準電圧V0を8V（対向電極7に印加する電圧も同じ）としたときの特性であり、この場合は、第1のリセット電圧VRを10V以上（望ましくは11V以上）、第2のリセット電圧-VRを6V以下（望ましくは5V以下）とし、書込み電圧VDを約6.5V～約10.5Vの範囲で制御すればよい。

【0061】また、上記駆動方法では、選択期間TSごとに、液晶11を第1の安定状態に配向させる第1リセット電圧VRと液晶11を第2の安定状態に配向させる第2リセット電圧-VRとを同回数ずつ（上記実施例では1回ずつ）交互に印加しているため、液晶11に許容値以上の直流成分が片寄ってかかることはなく、したがって、表示の焼き付き現象や液晶の劣化を生じることもない。

【0062】なお、上記実施例では、リセット電圧VR、-VRを、第1リセット電圧VR、第2リセット電圧-VRの順で印加しているが、このリセット電圧VR、-VRの印加順序は逆でもよく、またこれらリセット電圧VR、-VRは、液晶11がほとんど第1および第2の安定状態に配向する電圧であれば、完全な安定状態になる電圧でなくてもよい。

【0063】また、上記実施例では、第1リセット電圧VRと第2リセット電圧-VRとを1回ずつ印加しているが、これらリセット電圧VR、-VRの印加回数は任意でよく、要は、第1リセット電圧VRと第2リセット電圧-VRとを同回数ずつ交互に印加すればよい。

【0064】さらに、上記実施例で駆動した強誘電性液晶表示素子は、一方の偏光板14の透過軸14aをSBF液晶11の第2の安定状態11bとほぼ平行にしたものであるが、上記駆動方法は、一方の偏光板14の透過軸14aをSBF液晶11の第1の安定状態11aとほ

ぼ平行にした、液晶11を第2の安定状態11bに配向させたときに透過率が最も高く（表示が最も明るく）なり、液晶11を第1の安定状態11aに配向させたときに透過率が最も低く（表示が最も暗く）なる強誘電性液晶表示素子の駆動にも適用することができるし、また、TFTをアクティブ素子とするものに限らず、MIMをアクティブ素子とする強誘電性液晶表示素子の駆動にも適用することができる。

【0065】

10 【発明の効果】本発明の駆動方法は、選択期間ごとに、液晶を第1の安定状態に配向させる電圧と第2の安定状態に配向させる電圧とを同回数ずつ交互に同じ順序で印加し、その後書込み電圧を印加するものであるから、基板間隔より小さい螺旋ピッチをもちかつ双安定性を有する強誘電性液晶（SBF液晶）を用いたアクティブマトリックス方式の強誘電性液晶表示素子に、明確な階調表示を行なわせることができる。

【図面の簡単な説明】

20 【図1】本発明の一実施例によるゲート信号とデータ信号の波形と液晶の自発分極の平均的な電荷量と透過率とを示す図。

【図2】強誘電性液晶表示素子を実施例の駆動方法で駆動したときの電圧-透過率特性図。

【図3】強誘電性液晶表示素子の断面図。

【図4】画素電極とアクティブ素子を形成した基板の等価回路の平面図。

【図5】SBF液晶の2つの安定状態と一对の偏光板の透過軸の方向とを示す図。

30 【図6】強誘電性液晶表示素子の一般的な電圧-透過率特性図。

【図7】発明者が行なった従来の駆動方法による駆動試験において印加したゲート信号とデータ信号の波形図。

【図8】書込みパルスの電圧値を0Vにして駆動試験を行なったときの液晶の自発分極平均電荷量と透過率を示す図。

【図9】書込みパルスの電圧値を3.3Vと-3.3Vにして駆動試験を行なったときの液晶の自発分極平均電荷量と透過率を示す図。

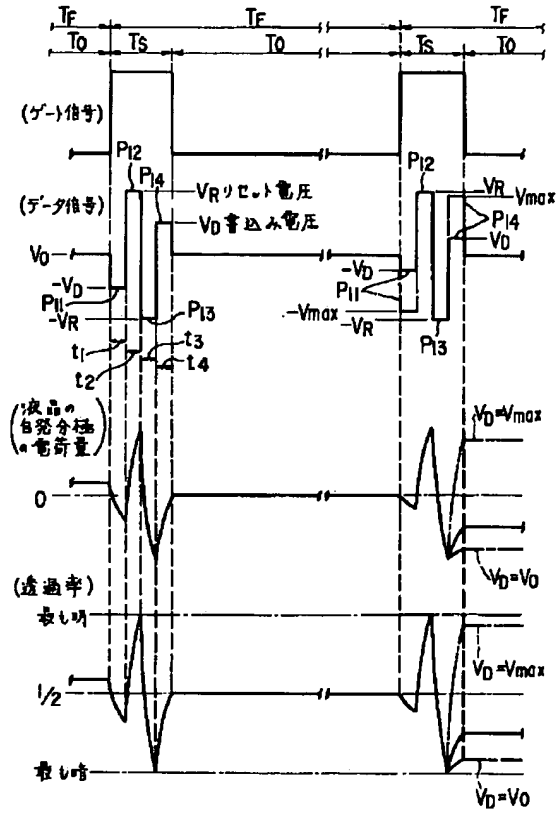
【符号の説明】

- 40 3…画素電極
4…アクティブ素子（TFT）
7…対向電極
8, 9…配向膜
11…SBF液晶
11a…第1の安定状態
11b…第2の安定状態
13, 14…偏光板
13a, 14a…透過軸
P11…補償パルス
50 P12, P13…リセットパルス

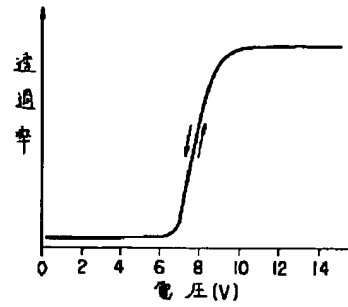
VR, -VR ...リセット電圧
P14...書き込みパルス

VD ...書き込み電圧

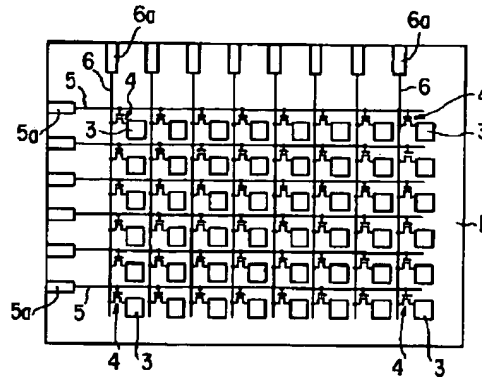
【図1】



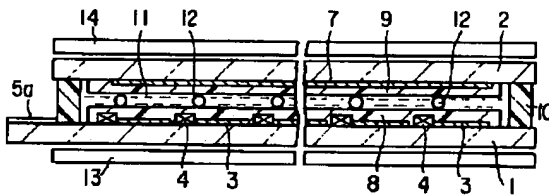
【図2】



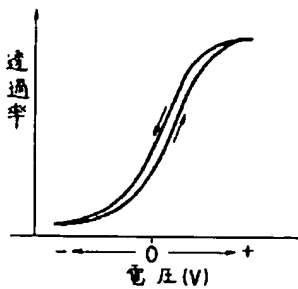
【図4】



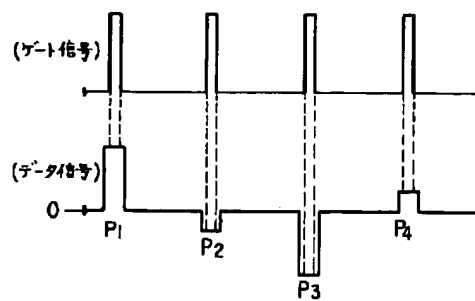
【図3】



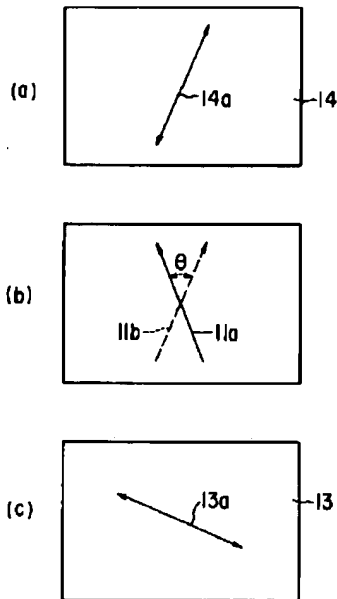
【図6】



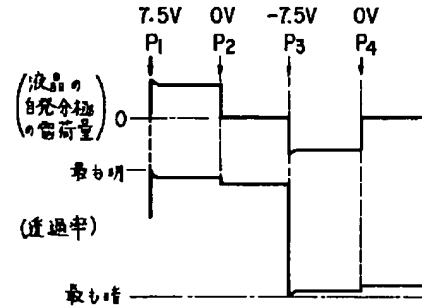
【図7】



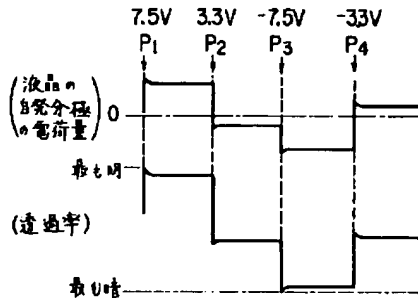
【図5】



【図8】



【図9】



【手続補正書】

【提出日】平成5年10月21日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】基板間隔より小さい螺旋ピッチをもちかつ双安定性を有する強誘電性液晶を用いたアクティブマトリックス方式の強誘電性液晶表示素子の駆動方法であって、選択期間ごとに、前記液晶を第1の安定状態と第2の安定状態とのいずれか一方の安定状態に配向させる初期化電圧を印加し、その後表示データに応じた書き込み電圧を印加することを特徴とする強誘電性液晶表示素子の

駆動方法。

【請求項2】初期化電圧は、液晶を第1の安定状態と第2の安定状態に配向させる電圧が同回数ずつ交互に同じ順序で印加される複数のパルスからなっていることを特徴とする請求項1記載の強誘電性液晶表示素子の駆動方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正内容】

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の駆動方法は、選択期間ごとに、液晶を第1の安定状態と第2の安定状態

とのいずれか一方の安定状態に配向させる初期化電圧を印加し、その後表示データに応じた書込み電圧を印加することを特徴とするものである。前記初期化電圧は、液晶を第1の安定状態と第2の安定状態に配向させる電圧が同回数ずつ交互に同じ順序で印加される複数のパルスからなる電圧であるのが望ましい。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正内容】

【0012】

【作用】この駆動方法では、選択期間ごとに、液晶を第1の安定状態と第2の安定状態とのいずれか一方の安定状態に配向させる初期化電圧を印加しているため、書込み電圧を印加する直前の液晶の配向状態はどの選択期間においても同じであり、したがって書込み電圧の値と透過率とが対応するから、書込み電圧により透過率を制御して、実用レベルでの明確な階調表示を実現することができる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正内容】

【0013】この駆動方法において、前記初期化電圧が、液晶を第1の安定状態と第2の安定状態に配向させる電圧が同回数ずつ交互に同じ順序で印加される複数のパルスからなる電圧であれば、対向する電極間の電荷の片寄りがなく、したがって表示の焼き付き現象や液晶の劣化を生じることもない。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正内容】

【0022】そして、上記下基板1と上基板2とは、その外周縁部において枠状のシール材10を介して接着されており、この両基板1、2間のシール材10で囲まれた領域には、カイラルスメクティック相の螺旋ピッチが両基板1、2の間隔より小さく、かつ双安定性を有する強誘電性液晶（以下、SBF液晶という）11が封入されている。このSBF液晶は、その螺旋ピッチが可視光帯域(400nm～700nm)以下の300nm～400nm以下で、自発分極が大きく、かつ、コーンアングルが大きい強誘電性液晶組成物である。なお、図3において、12は両基板1、2の間隔を規制するギャップ材であり、このギャップ材12は液晶封入領域内に点在状態で配置されている。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

【補正内容】

【0029】すなわち、液晶11が第1の安定状態11aに配向した状態では、一方の偏光板を通った直線偏光が液晶11による偏光作用を受けて非直線偏光になり、そのうちの他方の偏光板の透過軸と平行な偏光成分の光が他方の偏光板を透過して出射する。また、液晶11が第2の安定状態11bに配向した状態では、一方の偏光板を通った直線偏光が液晶11による偏光作用をほとんど受けずに直線偏光のまま液晶層を透過し、その光のほとんどが他方の偏光板で吸収される。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0032

【補正方法】変更

【補正内容】

【0032】そして、この強誘電性液晶表示素子は、アクティブマトリックス方式のものであるため、非選択期間中も上記2つの安定状態11a、11bが混在した液晶11の配向状態を維持する電圧を保持しておくことができる。このため、SBF液晶を用いる強誘電性液晶表示素子は、透過率を変化させて階調のある表示を行なわせることが可能である。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0033

【補正方法】変更

【補正内容】

【0033】しかし、本発明の発明者が上記強誘電性液晶表示素子の駆動試験を行なったところ、従来考えられている駆動方法では、階調の制御ができなかった。なお、発明者が行なった駆動試験では、液晶11を第1または第2の安定状態に配向させる電圧と、それより絶対値が小さい書込み電圧とを交互に印加して、透過率の変化を調べた。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0036

【補正方法】変更

【補正内容】

【0036】また、上記リセットパルスP1、P3をいずれも同じ極性のパルスとすると、液晶11に許容値以上の直流成分がかかって電荷の片寄りが生じ、表示の焼き付き現象や液晶の劣化を生ずるため、P1のリセットパルスとP3のリセットパルスとは逆極性のパルスとした。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0037

【補正方法】変更

【補正内容】

【0037】図8および図9は、上記のような波形のゲート信号とデータ信号とを用いて上記強誘電性液晶表示素子を駆動し、上記各パルスP1、P2、P3、P4を印加した後の液晶11の自発分極による平均的な電荷量（液晶11の平均的な配向状態に相当する）と透過率とを調べた結果を示しており、図8はP2の書き込みパルスとP4の書き込みパルスの電圧値をそれぞれ0Vとしたときの自発分極による平均的な電荷量（以下、平均電荷量という）と透過率、図9はP2の書き込みパルスの電圧値を3.3V、P4の書き込みパルスの電圧値を-3.3Vとしたときの自発分極による平均的な電荷量と透過率を示している。なお、いずれの場合も、リセットパルスP1、P3の電圧値は、P1=7.5V、P3=-7.5Vとした。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0040

【補正方法】変更

【補正内容】

【0040】また、上記駆動試験では、図9に示すように、書き込みパルスP2、P4として異なる電圧値（ここではP2=3.3V、P4=-3.3V）のパルスを印加しても、明確な透過率の差は得られなかった。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0042

【補正方法】変更

【補正内容】

【0042】そこで、本発明では、書き込み電圧の値に対応した透過率が得られるようにするため、選択期間ごとに、液晶を第1の安定状態に配向させる電圧と第2の安定状態に配向させる電圧とを1または複数回ずつ交互に同じ順序で印加し、その後書き込み電圧を印加する駆動方法を採用した。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0043

【補正方法】変更

【補正内容】

【0043】この駆動方法の一実施例を説明すると、図1は、上記強誘電性液晶表示素子の第1行のTFT4につながるゲートライン5とデータライン6に印加するゲート信号とデータ信号の波形と、液晶11の自発分極による平均電荷量と、透過率とを示している。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0045

【補正方法】変更

【補正内容】

【0045】また、他のスロットt2、t3はそれぞれ、液晶11を第1の安定状態に配向させるためのリセットパルス（以下、第1リセットパルスという）P12と、液晶11を第2の安定状態に配向させるためのリセットパルス（以下、第2リセットパルスという）P13の印加期間とし、これらのリセットパルスP12、P13により初期化パルスを構成した。なお、上記各パルスP11、P12、P13、P14の印加期間（1スロット時間）は、いずれも約45μ秒である。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0047

【補正方法】変更

【補正内容】

【0047】上記第2リセットパルスP13は、液晶表示素子のヒステリシスの影響をなくすためのパルスであり、このリセットパルスP13の電圧値VRは、液晶11の液晶分子のほとんど全てが一定の方向に配列するのに十分な大きい値である。また、上記第1リセットパルスP12は、第2リセットパルスP13の印加により液晶11に直流成分の電圧が片寄ってかかるのを補償するための逆極性のパルスであり、この第1リセットパルスP12の電圧-VRの絶対値は第2リセットパルスP13の電圧VRと同じである。

【手続補正16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0050

【補正方法】変更

【補正内容】

【0050】上記のような波形のゲート信号とデータ信号とを用いて上記強誘電性液晶表示素子を駆動すると、選択期間TSごとに、上記補償パルスP11の電圧（以下、書き込み補償電圧という）-VDと、液晶11を第1の安定状態に配向させる第1リセットパルスP12の電圧（以下、第1リセット電圧という）VRと、液晶11を第2の安定状態に配向させる第2リセットパルスP13の電圧（以下、第2リセット電圧という）-VRと、書き込みパルスP14の電圧（以下、書き込み電圧という）VDとが順次TFT4を介して画素電極3に印加され、これとともなって、液晶11の自発分極による平均電荷量と透過率とが、それぞれ図1に示したように変化する。

【手続補正17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0051

【補正方法】変更

【補正内容】

【0051】また、選択期間TSが経過して非選択期間T0になると、TFT4がOFF状態になり、選択期間

TS に印加された書込み電圧VD に応じた値に保たれる。

【手続補正18】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0053

【補正方法】変更

【補正内容】

【0053】すなわち、図1に示すように、例えば液晶11がある配向状態（前に印加された書込み電圧に応じた配向状態）にあるとし、次の選択期間TS に印加する書込み電圧VD がリセット電圧VR の1/2の電圧であるとする、この書込み電圧VD ($VD = VR / 2$) を印加した後の非選択期間T0 における液晶11の自発分極による平均電荷量がほぼ0になる。このときの液晶11の配向状態は、第1の安定状態と第2の安定状態とがほぼ同じ割合で混在している状態であり、したがって、透過率は、液晶11が第1の安定状態に配向したときの最も高い透過率と液晶11が第2の安定状態に配向したときの最も低い透過率とのほぼ中間の値になる。

【手続補正19】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0054

【補正方法】変更

【補正内容】

【0054】また、図1に示すように、上記選択期間TS の次の選択期間TS に印加する書込み電圧VD がリセット電圧VR の1/4の電圧であるとする、この書込み電圧VD ($VD = VR / 4$) を印加した後の非選択期間T0 における液晶11の自発分極による平均電荷量が、上記ほぼ0の電荷量よりも負の電荷成分が多くなった値になる。このときの液晶11の配向状態は、第1の安定状態と第2の安定状態とが、第2の安定状態の方が多割合で混在している状態であり、したがって、透過率は、液晶11が第2の安定状態に配向したときの最も低い透過率と上記中間の透過率との間の値になる。

【手続補正20】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0055

【補正方法】変更

【補正内容】

【0055】これは、他の電圧の書込み電圧VD を印加したときも同様であり、例えば書込み電圧VD として最小値の電圧V0 を印加したときは、図1に二点鎖線で示したように、液晶11の自発分極による平均電荷量が、その制御範囲のうちの最も負の電荷成分が最も多くなった値、つまり、液晶11が第2の安定状態に配向したときの電荷量に近い値になり、透過率が、その制御範囲のうちの最も低い値になる。

【手続補正21】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0056

【補正方法】変更

【補正内容】

【0056】また、書込み電圧VD として最大値の電圧Vmax を印加したときは、図1に三点鎖線で示したように、液晶11の自発分極による平均電荷量が、その制御範囲のうちの最も正の電荷成分が最も多くなった値、つまり、液晶11が第1の安定状態に配向したときの電荷量に近い値になり、透過率が、その制御範囲のうちの最も高い値になる。

【手続補正22】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0064

【補正方法】変更

【補正内容】

【0064】さらに、上記実施例で駆動した強誘電性液晶表示素子は、一方の偏光板14の透過軸14aをSBF液晶11の第2の安定状態11bとほぼ平行にしたものであるが、上記駆動方法は、一方の偏光板14の透過軸14aをSBF液晶11の第1の安定状態11aとほぼ平行にし、液晶11を第2の安定状態11bに配向させたときに透過率が最も高く（表示が最も明るく）なり、液晶11を第1の安定状態11aに配向させたときに透過率が最も低く（表示が最も暗く）なる強誘電性液晶表示素子の駆動にも適用することができるし、また、TFTをアクティブ素子とするものに限らず、MIMをアクティブ素子とする強誘電性液晶表示素子の駆動にも適用することができる。

【手続補正23】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0065

【補正方法】変更

【補正内容】

【0065】

【発明の効果】本発明の駆動方法は、選択期間ごとに、液晶を第1の安定状態と第2の安定状態とのうちいずれか一方の配向状態に配向させる初期化電圧を印加し、その後書込み電圧を印加するものであるから、基板間隔より小さい螺旋ピッチをもちかつ双安定性を有する強誘電性液晶（SBF液晶）を用いたアクティブマトリックス方式の強誘電性液晶表示素子に、明確な階調表示を行なわせることができる。

【手続補正24】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図面の簡単な説明

【補正方法】変更

【補正内容】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例によるゲート信号とデータ信号の波形と液晶の自発分極による平均的な電荷量と透過

率とを示す図。

【図2】強誘電性液晶表示素子を実施例の駆動方法で駆動したときの電圧-透過率特性図。

【図3】強誘電性液晶表示素子の断面図。

【図4】画素電極とアクティブ素子を形成した基板の等価回路的平面図。

【図5】SBF液晶の2つの安定状態と一对の偏光板の透過軸の方向とを示す図。

【図6】強誘電性液晶表示素子の一般的な電圧-透過率特性図。

【図7】発明者が行なった従来の駆動方法による駆動試験において印加したゲート信号とデータ信号の波形図。

【図8】書き込みパルスの電圧値を0Vにして駆動試験を行なったときの液晶の自発分極による平均電荷量と透過率を示す図。

【図9】書き込みパルスの電圧値を3.3Vと-3.3Vにして駆動試験を行なったときの液晶の自発分極による平均電荷量と透過率を示す図。

【符号の説明】

3…画素電極

4…アクティブ素子(TFT)

7…対向電極

8, 9…配向膜

11…SBF液晶

11a…第1の安定状態

11b…第2の安定状態

13, 14…偏光板

13a, 14a…透過軸

P11…補償パルス

P12, P13…リセットパルス

VR, -VR…リセット電圧

P14…書き込みパルス

VD…書き込み電圧

【手続補正25】

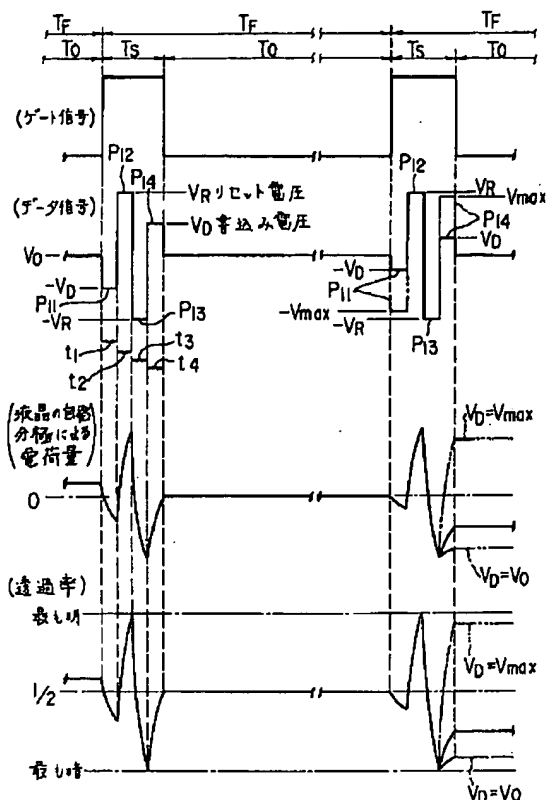
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図1

【補正方法】変更

【補正内容】

【図1】



【手続補正26】

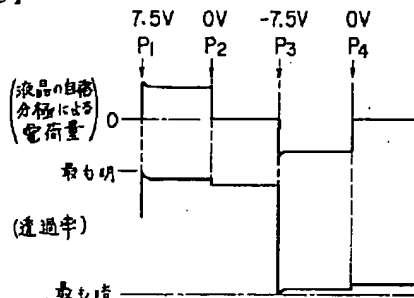
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図8

【補正方法】変更

【補正内容】

【図8】



【手続補正27】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図9

【補正方法】変更

【補正内容】

【図9】

